

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Sanja Pek

**Analiza indikacija za ugradnju trajnog
elektrostimulatora srca**

DIPLOMSKI RAD



Zagreb, 2014

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Sanja Pek

**Analiza indikacija za ugradnju trajnog
elektrostimulatora srca**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zavodu za bolesti srca i krvnih žila Kliničkog bolničkog centra Sestre milosrdnice u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Diane Delić-Brkljačić i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2013./2014.

Popis i objašnjenje kratica korištenih u radu:

KBC	Klinički bolnički centar
engl.	engleski
IPG	od engl. Implantable pulse generator; srčani elektrostimulator
CRT	od engl. Cardiac resynchronization therapy; uređaj za srčanu resinkronizacijsku terapiju
ICD	od engl. Implantable cardioverter defibrillator; kardioverter defibrilator
V	Volt
J	Džul
Ah	Amper-sat
VVI	od engl. Ventricle paced, ventricle sensed, pacing inhibited if beat sensed; stimulira ventrikul, osjeća ritam u ventrikulu, inhibiran je ako osjeti impuls
DDD	od engl. dual chambers paced, dual chambers sensed, dual response; stimulira i zamjećuje impulse u atriju i ventrikulu, stimulira ako se oni ne pojave, a ne stimulira ako je registriran spontani impuls
NBG	NASPE/BPEG Generic
NASPE	North American Society of Pacing and Electrophysiology; Sjeverno američko društvo za elektrostimulaciju i elektrofiziologiju
BPEG	British Pacing and Electrophysiology Group; Britanska elektrofiziološka grupa
AV	atrioventrikularni
SA	sinoatrijski
AH	atrij-hiss
HV	hiss-ventrikul
EKG	elektrokardiogram

Sadržaj

Sažetak

Summary

Uvod	1
Povijest liječenja elektrostimulatorima srca	1
Epidemiologija	2
Srčani elektrostimulatori	3
Osnovni principi elektrostimulacije srca.....	9
Indikacije za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca	11
Bolest sinoatrijskog čvora.....	13
Stečeni AV blokovi	15
Infranodalne smetnje provođenja	17
Hipersenzitivni karotidni sinus	18
Fibrilacija atrija	19
Posebna stanja.....	20
Zaključak	21
Zahvale.....	22
Literatura	23
Životopis	25

Analiza indikacija za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca

Sanja Pek

Sažetak

Elektrostimulator srca dio je elektrostimulacijskog sistema koji generiranjem impulsa nadomješta oslabljenu kronotropnu funkciju. Elektrostimulacijski sistem čine generator impulsa i elektrode koje se uvode u miokard. Generiranjem impulsa val se depolarizacije širi i uzrokuje kontrakciju miokarda čime se osigurava normalan ritam otkucaja.

Indikacije za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca u posljednjih su se 20 godina uvelike proširile i time utjecale na broj implantiranih uređaja i kvalitetu života srčanih bolesnika. U centru za implantaciju elektrostimulatora srca KBC-a Sestre milosrdnice u 2013. godini implantirano je 242 uređaja. Najčešća indikacija su atrioventrikularni blokovi provođenja, slijedi fibrilacija atrija s bradikardijom ventrikula, pa bolest sinoatrijskog čvora, sindrom hipersenzitivnog sinusa karotikusa i infranodalne smetnje provođenja.

Ovisno o poremećaju električnog sistema srca ugrađuju se različiti tipovi elektrostimulatora. U KBC Sestre milosrdnice najčešće se implantirao DDD elektrostimulator, dvokomorni uređaj koji ima dvije elektrode, jednu u desnoj pretkljetki, drugu u desnoj klijetki, što omogućava „fiziološku“ sekvencijsku stimulaciju srca.

Ključne riječi: elektrostimulator srca, generator impulsa, elektrode, AV-blok provođenja, fibrilacija atrija, bolest sinoatrijskog čvora, sindrom hipersenzitivnog sinusa karotikusa, infranodalne smetnje provođenja.

Analysis of indications for permanent pacemaker implantation

Sanja Pek

Summary

Pacemaker is a part of heart's electrical system. It replaces impaired chronotropic function by generating impulses. Heart's electrical system is consisted of pulse generator and electrodes which are attached to the surface of the myocardium. By generating a pulse, wave of depolarization spreads and causes contraction of the myocardium ensuring the normal rhythm of the heart.

Indications for permanent pacemaker implantation in the past 20 years have greatly expanded and thus affected the number of implanted devices and the quality of life in cardiac patients. At the center of implantable pacemakers of The University Hospital Sisters of Charity in 2013., 242 devices were implanted. The most common indications are atrioventricular block, atrial fibrillation with ventricular bradyarrhythmias, sinus node dysfunction, carotid sinus hypersensitivity and infranodal conduction block.

Depending on the disorder of the heart's electrical system, various types of pacemakers are installed. The most common pacemaker implanted at The University Hospital Sisters of Mercy is DDD pacemaker, dual-chambered device that has two electrodes, one in the right atrium, another in the right ventricle, and it allows "physiological" sequential stimulation of the heart.

Key words: pacemaker, pulse generator, electrodes, atrioventricular block, atrial fibrillation with ventricular bradyarrhythmias, sinus node dysfunction, carotid sinus hypersensitivity, infranodal conduction block

Uvod

Povijest liječenja elektrostimulatorima srca

Prvi elektrostimulator srca implantiran je 1958.godine u Karolinskom institutu u Švedskoj, a dizajnirali su ga inženjer elektrotehnike Rune Elmqvist i kirurg Ake Senning.

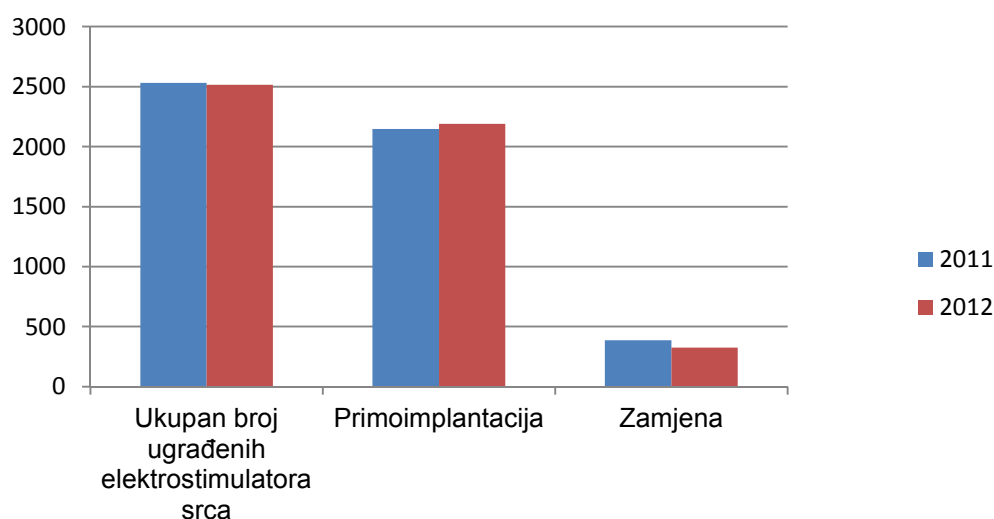
Prvomu pacijentu s ugrađenim elektrostimulatorom srca Arneu Larssonu 26 puta je implantiran novi model, te je ipak doživio duboku starost, iako je prvi uređaj dobio s 44 godine. U Hrvatskoj je prvi elektrostimulator srca ugrađen 6 godina kasnije, 1964.godine, a ugradio ga je Miram Pasini na Klinici za kirurgiju u KBC-u Zagreb (Rebro).

Od svojih je početaka prije 50-tak godina elektrostimulacijska terapija doživjela izvanredan razvoj i dovela do ogromnog napretka u liječenju bolesti srca. U početku su se elektrostimulatori srca implantirali samo bolesnicima s totalnim AV blokom i ponavljanim sinkopama, a u današnje su vrijeme indikacije sve brojnije te osim samog spašavanja života, suvremeni elektrostimulatori uvelike poboljšavaju kvalitete života srčanih bolesnika. Došlo je do izrazitog tehnološkog napretka uređaja u proteklih 20 godina razvojem elektroničkih sklopova, povećanjem kapaciteta baterija i usavršavanjem mikroprocesora čime su se smanjile dimenzije i masa te poboljšao rad. Moderni implantabilni elektrostimulatori srca malog su volumena, svega 10 kubnih centimetara za razliku od prvotnih koji su bili višestruko veći i teži što znači da su i komplikacije bile učestalije. Kvalitetu života bolesnika uvelike je povećao senzor osjećanja vlastitih električnih impulsa srca pacijenata s pomoću elektrostimulatora (engl. *sensing*) što je omogućilo da se elektrostimulator prilagodi potrebama bolesnika. Na taj način, elektrostimulator je aktivan samo kad nema vlastitog, atrijskog ili ventrikulskog ritma, a inaktivan je u slučajevima kada se on registrira. Bitna novost su i senzori aktivnosti, a koji pacijentu omogućuju prilagodbu frekvencije stimulacije ovisno o stupnju fizičke aktivnosti.

Epidemiologija

Svake se godine elektrostimulacijski uređaj implantira u oko 900 000 bolesnika u svijetu. U Hrvatskoj od 1993. godine postoji Hrvatski registar elektrostimulacije srca u kojem se prikupljaju podatci o implantiranim elektrostimulatorima i šalje ih se u Europski registar. U Hrvatskoj postoje 17 centara za implantaciju od čega su pet u Zagrebu. Jedan je od njih i Klinički bolnički centar Sestre milosrdnice gdje je 2013. godine implantirano sveukupno 242 elektrostimulatore srca od čega je 58 pacijenata imalo zamjenu postojećeg uređaja.

Grafikon 1. Ugrađeni elektrostimulatore srca, primoiplantacije i zamjene uređaja u 2011. i 2012. godini u Hrvatskoj



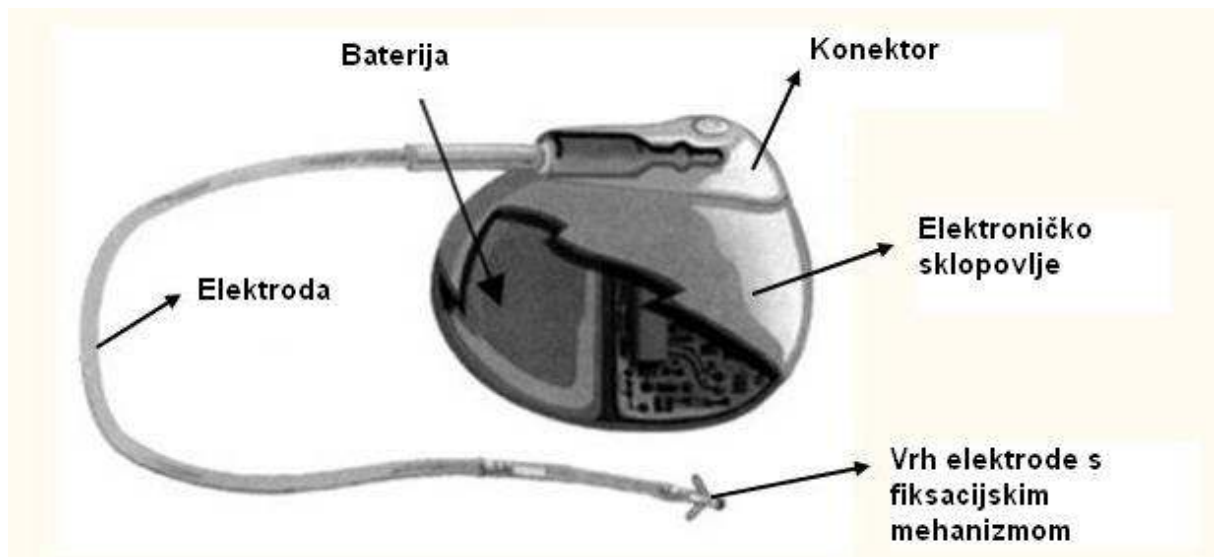
Uspoređujući Norvešku, Dansku i Irsku koje imaju malo više stanovnika nego Hrvatska vidimo da Norveška i Danska imaju više implantiranih elektrostimulatora godišnje po stanovniku, dok Irska ima malo manje. Od zemalja u regiji najveći broj implantiranih elektrostimulatora po stanovniku imaju Slovenija i Mađarska koje su u rangui zapadnoeuropskih zemalja. Bosna i Hercegovina znatno ispod prosjeka Europe dok Srbija ima malo manje implantiranih uređaja nego Hrvatska. Najviše implantiranih elektrostimulatora po stanovniku u Europi ima Njemačka. (Auricchio et al, 2013).

Srčani elektrostimulatori

Srčani elektrostimulator dio je elektrostimulacijskog sistema srca. Osim elektrostimulatora sistem čini jedna, a katkad i više elektroda koje se uvode u srčane šupljine. Elektrostimulator se sastoji od baterije i elektroničkog sklopa koji zajedno čine cjelinu. Osnovna je funkcija elektrostimulatora srca generiranje impulsa i održavanje adekvatne srčane frekvencije, bilo zbog kronotropne insuficijencije srca nastale propadanjem prirodnog srčanog predvodnika (bolest sinoatrijskog čvora), bilo zbog poremećaja u provođenju električnog impulsa kroz provodni sustav (atrioventrikularni blok). Osim generiranja impulsa, moderni elektrostimulatori mogu neprestano bilježiti informacije o srčanome ritmu te ih pohranjivati u vlastitu memoriju, koju liječnik na periodičnim kontrolama može pregledati i optimizirati terapiju bolesnika.

Na tržištu postoje razne vrste implantabilnih uređaja za elektrostimulaciju srca, a dijelimo ih s obzirom na vrstu terapije koje isporučuju na: srčane elektrostimulatore u užem smislu (IPG – engl. *Implantable pulse generator, pacemaker*) i atriobiventrikularne srčane elektrostimulatore, odnosno uređaje za srčanu resinhronizacijsku terapiju (CRT – engl. *Cardiac resynchronization therapy*). (Ellenbogen et Wood, 2004)

Za ugradnju elektrostimulatora srca potreban je manji kirurški zahvat koji se izvodi u lokalnoj anesteziji. Elektrode se uvode u venski sustav najčešće putem cefalične i/ili potključne vene sve do desnog srca, ali ako je potrebno, elektrode se mogu postaviti i epikardno, i to torakoskopski ili tijekom operacije srca. Postupak uvođenja elektroda prati se rendgenskom dijaskopijom. Nakon određivanja optimalnog položaja vrh se elektrode pričvršćuje za stjenku srca. Elektrode se zatim spajaju s elektrostimulatorom srca i pričvršćuju, oblikuje se potkožni ili podmišićni džepić u području pektoralnog mišića u koji se stavlja uređaj, nakon čega se koža zašije. Ugradnja elektrostimulatora srca nije bez rizika. Ozbiljnije komplikacije pojavljuju se u 0,5% bolesnika. Među najčešćima su dislokacije elektroda, krvarenja, pneumotoraks, hematotoraks, infekcija, a poslije se mogu pojaviti aritmije, dekubitusi i perforacije na mjestu implantacije. (Šmalcelj et Buljević, 2008)



Slika 1. Dijelovi elektrostimulatora

Generator impulsa sastoji se od izvora električne energije (baterije) i elektroničkih sklopova koji su zapravo mikroračunalo s programom. Većina suvremenih generatora ima i mogućnost pohranjivanja informacija u memoriju. Generator je zatvoren u nepropusno kućište od neutralnog, biološki inertnog materijala, danas najčešće od titanija. Elektrostimulator dobiva energiju iz posebne litij-jod baterije. Njezine su najveće prednosti otpornost na koroziju, stalni napon kroz dugi vremenski period te trajanje od pet do deset godina. Litij-jodinska baterija zadržava zadovoljavajući napon većinu svojeg postojanja te tek na kraju napon progresivno pada. Kod litij-jod baterija litij služi kao anoda, jod kao katoda, a između njih je elektrolit litij-jodid koji služi za kretanje iona. Debljina elektrolita povećava se trošenjem baterije čime se povećava njezin otpor. Povećanim otporom baterije možemo prilično sigurno odrediti približavanje iscrpljenja te isplanirati elektivnu zamjenu elektrostimulatora. U početku baterija ima otpor 50 do 100 Ω da bi na kraju otpor narastao na 20000 do 30000 Ω . Osim porasta otpora indikator iscrpljenja baterije je i pad napona. U početku napon litij-jod baterije je oko 2,8V. Trošenjem baterije on pada linearno do 90% iskorištenosti i tada ima napon oko 2,4V. Poslije voltaža pada eksponencijalno do 1,8V što označava potpunu istrošenost baterije. Energija koju isporučuje elektrostimulator determinirana je unaprijed određenim naponom u voltima (V), širinom pulsa u milisekundama (ms) i otporom elektrode te je najčešće od 5 do 11 μ J, što je jako malo u usporedbi s

energijom kardiverter defibrilatora koja je od 15 do 40J. Trajanje baterije obrnuto je proporcionalno odaslanjoj energiji i broju impulsa i može se odrediti ako znamo kapacitet baterije u amper-satima (Ah) i jakost struje mjereno u mikroamperima. Današnji elektrostimulatori srca imaju kapacitet baterije od 0,5 do 2 Ah, a jakost struje ovisi o tipu elektrode i varira od 10-20 μ A. (Mallela et al, 2004)

Pacemaker Model: Medtronic BIONIA SDR 303 Serial Number: PUG6371935		Medtronic BIONIA Software 7.0 Copyright © Medtronic, Inc. 1998		Pacemaker Model: Medtronic BIONIA SDR 303 Serial Number: PUG6371935		Medtronic BIONIA Software 7.0 Copyright © Medtronic, Inc. 1998	
Quick Look Report		Page 1		Quick Look Report		Page 2	
Modes		Ventricular Lead		Selectable Diagnostic		Remaining Longevity	
Mode: VVIR		Amplitude: 3.50 V		Custom Rate Trend		Estimated at: 9 months	
Rates		Pulse Width: 0.60 ms		Rate Trend Collect: Rolling		Minimum: < 2 months	
Lower Rate: 70 ppm		Sensitivity: 2.80 mV		Include Refractory Senses?: Exclude		Maximum: 15 months	
Upper Sensor Rate: 120 ppm		Pace Polarity: Unipolar		Rate Trend Duration: 24 hr		Based on Past History	
Refractory/Blanking		Sense Polarity: Unipolar		Pacing (% of total):		Lead Status: 02/06/14 1:41:26 PM	
Ventricular Refractory: 330 ms		Lead Monitor: Monitor Only		Sensed: 7.1%		Ventricular	
Rate Response		Minimum Impedance: 200 ohms		Paced: 92.9%		Amplitude: 3.50 V	
Upper Sensor Rate: 120 ppm		Maximum Impedance: 3,000 ohms		Significant Events		Pulse Width: 0.61 ms	
Activity Threshold: Medium/Low		Additional Features		2 Vent. High Rate Episodes		Output Energy: 16.69 μ J	
Rate Response Curve: 7		Sleep: Off		Battery Status: 02/06/14 1:41:26 PM		Current: 8.23 mA	
Activity Acceleration: 30 sec		Transcatheter Monitor: Off		Battery Status: OK		Impedance: 401 ohms	
Activity Deceleration: 0.5 min		Extended Telemetry: Off		Voltage: 2.69 V		Pace Polarity: Unipolar	
		Activate Diagnostics?: Completed		Current: 12.34 μ A			
		Ventricular High Rate Episodes		Impedance: 3,423 ohms			
		V. Min. Detection Rate: 180 ppm					
		V. Events to Detect: 3 beats					
		V. Events to Terminate: 2 beats					
		High Rate Collection Method: Rolling					

Slika 2. Nalaz kontrolnog pregleda uređaja koji treba zamijeniti

Pacemaker Model: Medtronic Senso SCS001 Serial Number: 18W776366		Software SW000 7.3 Copyright © Medtronic, Inc. 2006		Pacemaker Model: Medtronic Senso SCS001 Serial Number: 18W776366		Software SW000 7.3 Copyright © Medtronic, Inc. 2006	
Battery and Lead Measurements Report		Page 1		Permanent Parameters Report		Page 1	
Battery Status: 05/06/14 12:04:14 PM		Modes		Rate Response		Ventricular Lead	
Battery Status: OK		Mode: VVIR		Upper Sensor Rate Setpoint: 40		Amplitude: 3.500 V	
Voltage: 2.78 V		Rates		Ventricular Lead		Pulse Width: 0.40 ms	
Current: 12.92 μ A		Lower Rate: 70 ppm		Amplitude: 3.500 V		Sensitivity: 2.80 mV	
Impedance: 100 ohms		Upper Sensor Rate: 120 ppm		Pulse Width: 0.40 ms		Setting Asymmetry: Off	
Remaining Longevity		ADL Rate: 95 ppm		Pace Polarity: Unipolar		Sense Polarity: Unipolar	
Estimated at: 7.5 years		Refractory/Blanking		Lead Monitor: Monitor Only		Maximum Impedance: 4,000 ohms	
Minimum: 6.5 years		Ventricular Refractory: 330 ms		Minimum Impedance: 200 ohms		Monitor Sensitivity: 8	
Maximum: 9 years		Rate Response		Capture Management: Adaptive		Min. Adapted Amplitude: 2,000 V	
Based on 100% Pacing		Depolarization: On		Capture Test Frequency: Day at Rest		Acute Phase: 112 days	
Lead Status: 05/06/14 12:04:14 PM		ADL Response: 3					
Ventricular		Extrinsic Response: 3					
Amplitude: 3.82 V		ADL Percent: 2.0%					
Pulse Width: 0.40 ms		Activity Threshold: Medium/Low					
Output Energy: 0.07 μ J		Activity Acceleration: 30 sec					
Current: 7.01 mA		Activity Deceleration: Extreme					
Impedance: 506 ohms		High Rate Percent: 0.7%					
		ADL Rate Setpoint: 15					

Slika 3. Nalaz kontrolnog pregleda nakon implantacije novog uređaja

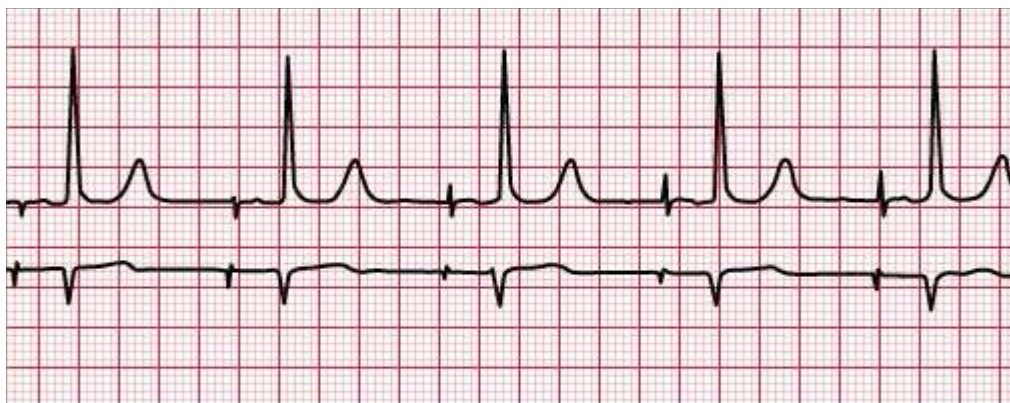
Elektronički dio sastoji se od vremenskoga brojača i izlaznoga kruga. Vremenski brojač broji unatrag i kada odbroji cijeli krug, izlazni se krug pobudi na okidanje električnoga impulsa, a vremenski se brojač vraća na početnu vrijednost. Vrijeme između dva impulsa odgovara osnovnoj frekvenciji elektrostimulatora i naziva se interval uskakanja (engl. *escape interval*). U početku uporabe elektrostimulatora

električni je impuls dolazio u fiksiranom intervalu bez obzira na spontanu srčanu aktivnost jer tadašnji elektrostimulatori nisu imali mogućnost detekcije vlastitog ritma. Takav je stimulator radio u fiksnom, odnosno asinkronom načinu rada i interferirao sa spontanom srčanom aktivnošću, što je u vulnerabilnoj fazi ciklusa (područje oko vrha T-vala) svakako nepoželjno i zato se u današnje vrijeme koriste elektrostimulatori koji zamjećuju spontanu srčanu aktivnost (engl. *sensing*) i ako se ona pojavi vraćaju brojač na početnu vrijednost i time započinje novi interval uskakanja. Takva se elektrostimulacija naziva stimulacija na zahtjev (engl. *on demand*). Da bi elektrostimulator mogao adekvatno osjećati spontanu aktivnost, amplituda spontanog signala koja se registrira na vrhu elektrode mora biti dovoljno visoka. To se kontrolira prilikom implantacije elektrostimulatora. Postoji još jedna vrsta stimulacije, a to je triggerirana stimulacija koju karakterizira odašiljanje impulsa istovremeno s detektiranim vlastitim ritmom. Ta se vrsta stimulacije koristi kada detekcija vlastitog električnog impulsa nije sigurna, a u modernim elektrostimulatorima radi sinkrone stimulacije atrijske i ventrikularne. (Puljević, 2003)

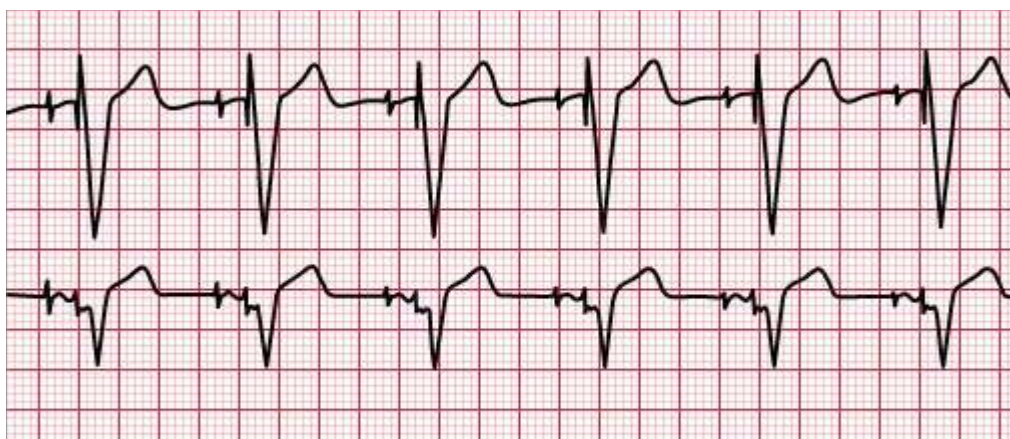
Elektroda je električni vodič, omotan izolacijskim omotačem od silikonske gume ili poliuretana, koji se uvodi u srčane šupljine. Vršak elektrode nije omotan izolacijskim omotačem, nego je u direktnom kontaktu s miokardom. Adekvatni kontakt elektrode i miokarda kontrolira se prilikom implantacije. Materijali koji se danas koriste za elektrode moraju biti biološki neutralni, otporni na oštećenja te ne smiju toksično reagirati s miokardom i zato se koriste platina-iridij, kobalt-krom-nikal, platina obložena platiniziranim titanom i titanij-nitrid. (Al-Ahmad et al, 2010). S obzirom na fiksacijski mehanizam, suvremene elektrodne katetere za trajnu elektrostimulaciju možemo podijeliti na elektrode s aktivnom fiksacijom i elektrode s pasivnom fiksacijom. Vršak se kateterske elektrode pričvršćuje aktivno (na vršku je kratak, spiralni zavoj žice koji se poput vijka zabode u miokard) ili pasivno (vršak ima oblik sidra koji se zaplete za trabekule desne klijetke dok poslije ne priraste s vezivnim tkivom). S električne strane elektrode mogu biti unipolarne ili češće bipolarne. Kod unipolarnih elektroda, katoda je na vršku elektrode, a pozitivni pol je najčešće kućište elektrostimulatora. Kod bipolarnih elektroda dva se vodiča nalaze unutar jednog elektrodnog omotača. Vršak elektrode je negativan, a odmah do njega je prsten koji predstavlja pozitivnu elektrodu. Bipolarnom stimulacijom izbjegava se stimulacija okolne mišićne ili neželjena inhibicija miopotencijalima. Svaki strani

materijal u dodiru s tkivom uzrokuje upalu i fibrozu pa tako i elektrode u miokardu. Fibroza može bitno povisiti prag stimulacije pa se u današnje vrijeme koriste elektrode koje otpuštaju kortikosteroide. Postoje i epikardne elektrode koje se koriste samo kada se transvenski ne može pristupiti na miokard. (Ellenbogen et Wood, 2004)

Sustavi za elektrostimulaciju srca mogu se jednostavno podijeliti na jednokomorne, dvokomorne i trokomorne. U jednokomornima se postavlja jedna elektroda u desnu klijetku (VVI elektrostimulator) ili desnu pretklijetku (AAI elektrostimulator) pa se na taj način može elektrostimulirati samo jedna srčana šupljina. VVI elektrostimulatori danas se koriste prvenstveno u bolesnika s fibrilacijom atriya dok se AAI elektrostimulacija može indicirati u bolesnika s bolešću sinoatrijskog čvora i održanim atrioventrikularnim (AV) provođenjem. Zbog činjenice da se u 5-10% navedenih bolesnika s vremenom razvije i neki oblik poremećaja AV provođenja ili fibrilacija atriya, ugrađuju se dvokomorni elektrostimulatori. Dvokomorni sustavi imaju dvije elektrode, jednu u desnoj pretklijetki, drugu u desnoj klijetki (DDD elektrostimulatori), što omogućava „fiziološku“ sekvencijsku stimulaciju. U bolesnika sa sinusnim ritmom, DDD elektrostimulacija povezana je s rjeđom učestalošću nastupa fibrilacije atriya i boljom kvalitetom života u usporedbi s VVI elektrostimulacijom. Danas postoje i sustavi gdje se treća elektroda postavlja u područje lijeve klijetke kroz koronarni sinus kako bi se obje klijetke podraživale istodobno radi optimizacije atrioventrikularne i interventrikularne kontrakcije i time poboljšala sistolička funkcija srca. Takvi se trokomorni elektrostimulatori zovu atriobiventrikularni, a još su poznatiji kao uređaji za resinhronizacijsku terapiju (CRT). Indicirani su u bolesnika s asinhronijom kontrakcije desnog i lijevog ventrikula koja se javlja u 25-50% bolesnika s kroničnim srčanim zatajenjem. Randomizirane studije dokazale su da CRT uređaji smanjuju mortalitet i poboljšavaju kvalitetu života u bolesnika sa simptomatskim srčanim zatajenjem, sniženom istisnom frakcijom lijeve klijetke na $\leq 35\%$ i blokom lijeve grane s QRS kompleksom širim od 120 ms. Postoje i elektrode koje na istom koaksijalnom vodiču imaju elektrodna mjesta za atrij i ventrikul.



Slika 2. EKG jednokomornog elektrostimulatora srca



Slika 3. EKG dvokomornog elektrostimulatora srca

Kada se redovnim kontrolama predvidi potreba za promjenom, zamjenjuje se cijeli generator, a elektrode se pritom ne mijenjaju. Bolesnik na taj način dobije, osim novog izvora energije, uvijek i najsuvremeniji uređaj. Ako se pojavi potreba za promjenom elektrode, nova se često dodaje pored stare jer je postupak ekstrakcije s vezivnim tkivom prirasle elektrode složen i nije bez rizika. (Šmalcelj et Buljević, 2008)

Osnovni principi elektrostimulacije srca

Osnovni je cilj elektrostimulacije srca pobuditi električni potencijal miocita koji će se proširiti miokardom i uzrokovati depolarizaciju stanica te time kontrakciju miokarda. Da bi se miokardom prenio električni potencijal, električno polje na vrhu elektrode mora biti dovoljne jakosti. Električni impuls odaslan elektrostimulatorom određen je s dva parametra. To su amplituda ili napon, mjereno u voltima, i trajanje impulsa, mjereno u milisekundama. Energija impulsa proporcionalna je voltaži i trajanju impulsa i prilagođava se svakom bolesniku posebno jer svatko ima različit prag podražaja. Prag podražaja je najniža energija koja dovodi do električnog odgovora miokarda i uz to što je različita kod svakog pojedinca ujedno se razlikuje u iste osobe ovisno o elektrolitskom statusu, uzimanju terapije ili eventualnom razvoju fibroze na mjestu stimulacije. (Ellenbogen et Wood, 2004)

Suvremeni je elektrostimulator programiran i omogućava izbor između više načina stimulacije. Ima veće ili manje dodatne mogućnosti, obično nadzor pokazatelja ispravne funkcije (npr. Otpora elektroda, snage izvora energije) ili čak nadzor srčanog rada (od učestalosti uključivanja do praćenja bolesnikova srčanog ritma i aritmija, pa čak i određivanja stupnja kongestije na osnovi promjene električnog otpora u prsnome košu). Prilikom ugradnje elektrostimulatora određuje se sigurnosni prag kako bi se osigurala sigurna stimulacija. Prilikom programiranja amplitude stimulacije, amplituda se postavlja na 2-3 puta veću vrijednost od praga podražaja radi sigurnosti stimulacije.

Osnovne su funkcije elektrostimulatora stimulacija (engl. *pacing*) i zamjećivanje vlastitih srčanih električnih impulsa (engl. *sensing*). Način rada opisuje se pomoću internacionalnog koda od pet slova NASPE/BPEG-kod iz 1988.godine. (Tablica 1.)

Tablica 1. NBG kodovi

Stimulirana šupljina	Mjesto osjećanja	Odgovor na vlastiti impuls	Programibilnost/modulacija frekvencije	Antitahikardna funkcija
V ventrikul	V ventrikul	T trigeriran	P jednostavna programabilnost	P Stimulacija
A atrij	A atrij	I inhibiran	M multi-programabilnost	S Šok
D dual (A+V)	D dual (A+V)	D dual (T+I)	C komunikabilnost	D dual
O nigdje	O nigdje	O ništa	R moduliranje frekvencije	O ništa
S jedno (A ili V)	S jedno (A ili V)		O neprogramabilnost	

U NBG kodu prvo slovo označava šupljinu koja je stimulirana, drugo označava u kojoj šupljini uređaj registrira vlastite impulse (engl. *sensing*), a treće slovo opisuje što uređaj čini kad registrira impuls (je li potaknut na stimulaciju ili je inhibiran, ili oboje-u različitim srčanim šupljinama). Četvrto slovo označava programibilnost uređaja, a peto se domeće ako postoji mogućnost antitahikardne stimulacije.

Izbor načina stimulacije ovisi ponajprije o aritmiji odnosno indikaciji zbog koje se uređaj ugrađuje. Najčešće se rabe stimulatori DDD koji u atriju i u ventrikulu zamjećuju impulse i stimuliraju ako se oni ne pojave, a ne stimuliraju ako je registriran spontani impuls i stimulatori VVI koji stimuliraju u ventrikulu ako se ne pojavi vlastiti impuls, a ako se on registrira, stimulacija izostaje. Općenito, jednokomorna ventrikularna stimulacija (VVI ili VVIR) rezervirana je za bolesnike s fibrilacijom atrija jer atriji koji trajno fibriliraju ne mogu se stimulirati.

Suvremeni elektrostimulatori srca imaju senzore koji omogućuju prilagođavanje srčane frekvencije, ako to bolesnikovo srce ne može učiniti samo, u skladu s bolesnikovim potrebama (*rate-responsiveness*, oznaka R). Uređaj informacije dobiva od senzora koji su ugrađeni u sam uređaj i oni registriraju bolesnikove pokrete ili frekvenciju udisaja. Bolesnikovi pokreti i promjene položaja tijela vezane uz fizičku aktivnost registrira akcelerometar ili pizelektrični kristal, a frekvencija udisanja se mjeri na osnovi otpora prsnog koša između elektroda ili pak promjene tonusa autonomnog sustava na osnovi mjerenja promjena QT-intervala ili na neki drugi način. Druga vrsta senzora je senzor osjećanja vlastitih električnih impulsa srca i u skladu s tim elektrostimulator je aktivan samo kad nema vlastitog, atrijskog ili ventrikulskog ritma, a inaktivan je u slučajevima kada se on registrira. Idealni bi frekvencijsko-adaptabilni senzor trebao biti sposoban imitirati sposobnost sinoatrijskog čvora da osigura adekvatnu frekvenciju srca kako za fizički tako i za psihološki stres, uz adekvatno usporenje frekvencije u fazama oporavka kako bi se zadovoljile metaboličke potrebe organizma. (Bernstein et al, 2002)

Indikacije za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca

Prve smjernice za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca objavljene su prije više od 20 godina, a objavilo ih je Američko kardiološko društvo. Smjernice su se mijenjale iz godine u godinu, ali u osnovi su se jako malo razlikovale. Zadnje objavljene smjernice koje važe i danas su one Europskog kardiološkog društva iz 2013.godine.

Odluka za ugradnju trajnog elektrostimulatora treba se temeljiti na čvrstim kliničkim dokazima. Kao i za druge medicinske postupke, tako i za implantaciju elektrostimulatora srca postoje određene razine preporuke te razina potkrepljenosti iz objavljenih studija.

Preporuke prema razredima: (ESC 2013)

I Dokazi i/ili opća suglasnost da je neki dijagnostički postupak, terapija ili procedura uporabljiva i učinkovita

II Proturječni dokazi i/ili mišljenja o uporabljivosti/ učinkovitosti terapije

IIa Dokazi/mišljenja govore u prilog uporabljivosti/ učinkovitosti

IIb Uporabljivost/ učinkovitost je na temelju dokaza/ mišljenja manje sigurna

III Dokazi i/ili opća suglasnost je da neki dijagnostički postupak, terapija ili procedura nije uporabljiv/ učinkovit i u nekim slučajevima može biti šodljiv

Razina dokaza (potkrijepljenosti)

A Podatci iz više randomiziranih kliničkih pokusa ili meta analiza

B Podaci iz jednog randomiziranog kliničkog pokusa ili velikih nerandomiziranih studija

C Suglasnosti stručnjaka i/ili malih studija, retrospektivne studije i registri

Bolest sinoatrijskog čvora

Bolest sinoatrijskog čvora može se manifestirati u raznim oblicima pa obuhvaća više poremećaja ritma koji se često izmjenjuju u istog bolesnika: trajna, ali ne ijetrogena sinusna bradikardija neprimjerena fiziološkim stanjima i hemodinamskim potrebama, zatajenje (arest) ili izlazni blok sinoatrijskog čvora (SA blok) sa asistoličkim pauzama u trajanju više sekundi, kombinacija SA i AV bloka, te smjenjivanje bradikardije i tahikardnih paroksizama fibrilacije ili undulacije atrijske („sindrom bradikardija-tahikardija“). Najčešći uzroci bolesnog sinoatrijskog čvora su involutivno-degenerativne i upalne promjene SA i AV čvora s okolnim strukturama i provodnim sustavom ili okluzija arterije sinoatrijskog čvora. Poremećaji automatičnosti i provodljivosti pogoršavaju se zbog disregulacije autonomnog živčanog sustava. (Šmalcelj et Buljević, 2008)

Tijek i manifestacije ovise o osnovnoj bolesti, u odraslih najčešće ishemijskoj i hipertenzivnoj bolesti srca, ali se sindrom može pojaviti i u inače zdravom srcu, obično u starijih osoba. Simptomi odgovaraju poremećajima ritma, a osnovni simptom je sinkopa. Ovisno o manifestaciji bolesti sinoatrijskog čvora postavlja se indikacija za elektrostimulaciju srca. U KBC Sestre Milosrdnice u 2013. godini implantirano je 17 elektrostimulatora zbog bolesti sinoatrijskog čvora. Od toga 8 zbog bolesti sinoatrijskog čvora i 9 zbog tahikardija-bradikardija sindroma. Studije su dokazale da bolesnici s bolesnim sinoatrijskim čvorom nakon implantacije imaju manje atrijskih poremećaja srčanog ritma, ali i poboljšanje kvalitete života te blago smanjenje stope smrtnosti.



Slika 4. Bolest sinoatrijskog čvora

Preporuke za elektrostimulaciju kod bolesti sinoatrijskog čvora: (ESC 2007)

I

Bolest sinoatrijskog čvora koji se manifestira simptomatskom bradikardijom sa ili bez epizoda tahikardije. Bradikardija se može javiti spontano ili je uzrokovana medikamentnom terapijom za koju ne postoje prihvatljive druge alternative

Sinkopa uz bolest sinoatrijskog čvora, bilo spontano, bilo da je inducirana tijekom elektrofiziološkog ispitivanja

Bolest sinoatrijskog čvora koja se manifestira kao simptomatska kronotropna inkompetencija: spontano ili uzrokovana medikamentnom terapijom za koju ne postoje druge prihvatljive alternative

Ila

Simptomatska bolest sinoatrijskog čvora (spontano ili uzrokovana medikamentnom terapijom za koju ne postoje druge prihvatljive alternative), ali za koju nije verificirana povezanost između simptoma i bradikardije. Frekvencija srca u mirovanju mora biti $<40/\text{min}$

Sinkopa nema drugog uzroka osim patološkog elektrofiziološkog nalaza (CSNRT $>800\text{ ms}$); (CSNRT korigirano vrijeme oporavka sinoatrijskog čvora)

Ilb

Bolesnici s minimalno izraženim simptomima, s frekvencijom srca u mirovanju $<40/\text{min}$, u budnom stanju, bez kronotropne inkompetencije

III

Asimptomatska bolest sinoatrijskog čvora uključujući i korištenje lijekova koji uzrokuju bradikardiju

Elektrokardiografski nalaz disfunkcije sinoatrijskog čvora sa simptomima koji nisu povezani s bradikardijom

Simptomatska bolest sinoatrijskog čvora uzrokovana terapijom lijekovima za koje postoji prihvatljiva alternativa

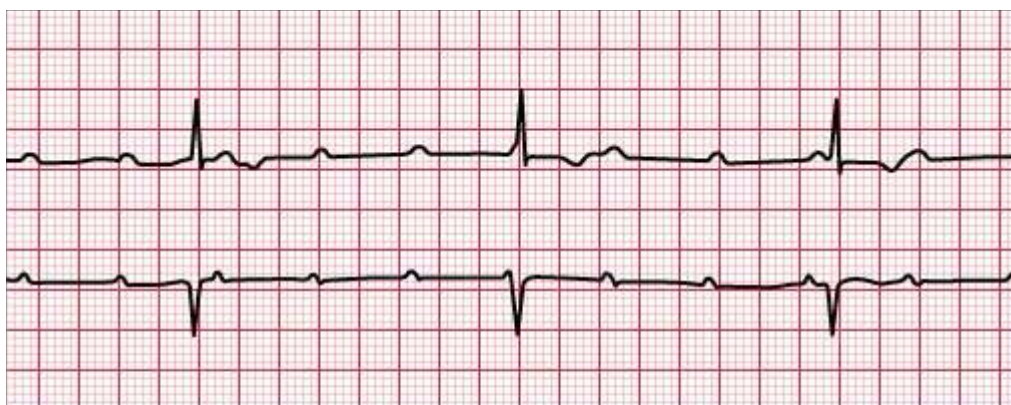
Stečeni AV blokovi

Atrioventrikularni blok je poremećaj provođenja depolarizacije između atrija i ventrikula na bilo kojoj razini. Smetnje provođenja u AV čvoru s produljenjem AH (atrij-Hiss) intervala u intrakardijalnom EKG-u povoljnije su od infrahisalnih s produljenjem HV (Hiss-ventrikul) intervala, često ireverzibilnih i progresivnih. AV blok može u blažim oblicima biti posljedica fiziološke vagotonije, ali je češće uzrok srčana bolest: ishemijska, hipertenzivna, valvularna, upalna, involutivno- degenerativna, infiltrativna, metabolička, urođena ili nasljedna. Uzrok mogu biti i lijekovi i ekstrakardijalni poremećaji, osobito s vagalnom stimulacijom ili hiperkalijemijom. AV blok može biti prvog, drugog ili trećeg stupnja.

AV blok prvog stupnja definira se produljenjem P(q)R intervala na EKG-u na >0.20sekundi, pri čemu svaki P-val slijedi ventrikularni QRS-kompleks. Do usporenja može doći bilo gdje u atriju, a ne samo u AV čvoru. Tipični su uzroci fiziološki vagotonus (u sportaša), ishemija, lijekovi kao što su digoksin, verapamil i amiodaron i upala (reumatski miokarditis). Prvi srčani ton pri auskultaciji je oslabljen. Prognoza ovisi o osnovnoj bolesti, ali sam po sebi AV- blok prvog stupnja ima dobru prognozu te obično ne uzrokuje veći hemodinamski poremećaj i ne zahtjeva posebno liječenje. AV blok drugog stupnja definira se povremenim prekidom AV provođenja pa neke P-valove ne slijedi ventrikularni QRS-kompleks. Dijeli se na tri tipa: Weckenbach ili Mobitz I, Mobitz II i AV blok visokog drugog stupnja. AV blok tipa Mobitz I prepoznaje se po progresivnom produljenju PR- intervala do pojedinačnog izostanka AV provođenja i QRS kompleksa. Objašnjava se zamorom kondukcije, koja je iz ciklusa u ciklus sve slabija do potpunog prekida. Tada se privremeno oporavi pa je PR-interval nakon stanke kraći. Odnos P-valova i QRS kompleksa može biti 3:2, 4:3, 5:4 itd. Smetnja provođenja u načelu je iznad razine Hisovog snopa i uz iznimke je prognostički povoljna. Hemodinamika obično nije izrazitije narušena pa terapija nije potrebna. AV blok tipa Mobitz II po izgledu EKG-a i hemodinamici sličan je tipu I, ali je elektrofiziološki i prognostički nepovoljniji. Na EKG-u se također nalazi periodički izostanak QRS-kompleksa nakon jednog od P-valova, ali bez prethodnog produljivanja PR-intervalu. Ventrikularni kompleks obično je proširen jer je poremećaj provođenja lociran infrahisalno. Uglavnom je ireverzibilan uz ishemijsku ili koju drugu bolest miokarda, a rizik je progresije u više stupnjeve AV-bloka sa simptomatskom bradikardijom velik. AV blok visokog drugog stupnja definiran je provođenjem na

ventrikule tek polovine ili još manjeg broja atrijskih depolarizacija. Omjer P-valova i QRS-kompleksa može biti 2:1, 3:1 itd ili se mijenja. Ovaj tip AV bloka hemodinamski je sličan potpunom AV bloku, a može biti čak i opasniji. Često ugrožava bolesnikov život. AV blok trećeg stupnja ili potpuni AV blok. Provođenje iz atrijske u ventrikularnu komoru sasvim je zapriječeno pa su P-valovi razdvojeni od QRS-kompleksa, a ventrikularni ritam sporiji od atrijskog. Prvi je srčani ton promjenjiv, povremeno tako glasan da se uspoređuje s topovskim pucnjem (engl. cannon sound). Uz povremenu istodobnu kontrakciju atrijske i ventrikularne komore, jako je naglašen jugularni A-val (eng. cannon wave). Cirkulacija ovisi o ventrikularnom ritmu. Stečeni potpuni AV blok obično je infrahissal s proširenim ventrikularnim kompleksima niske frekvencije, često nedovoljne za bazalnu cirkulaciju i cerebralnu perfuziju pa nastaju Gerbezius-Morgagni-Adams- Stokesove sinkopalne epizode. (Šmalcelj et Buljević, 2008)

U KBC Sestre Milosrdnice 2013. godine implantirano je sveukupno 66 elektrostimulatora srca zbog stečenog AV bloka. Od toga je 30 pacijenata imalo AV blok drugog stupnja (tip Mobitz II), 8 pacijenata drugog do trećeg stupnja te 28 totalni AV blok.



Slika 5. AV-blok trećeg stupnja- QRS kompleks ne slijedi P-val

Preporuke za elektrostimulaciju kod stečenog AV bloka (ESC 2007)

I

Simptomatski AV blok trećeg i drugog (Mobitz I i II) stupnja

Neuromuskularne bolesti (miotonična mišićna distrofija, Kearns-Sayre sindrom) s AV blokom trećeg ili drugog stupnja

Blok trećeg i drugog (Mobitz I i II) stupnja: nakon ablacije AV čvora i postoperacijski nakon zahvata na valvulama bez mogućnosti povlačenja AV bloka

Ila

Asimptomatski AV blok trećeg i drugog (Mobitz I i II) stupnja

Simptomatski blok prvog stupnja

Ilb

Neuromuskularne bolesti (mišićna distrofija, Kearns-Sayre sindrom) s AV blokom prvog stupnja

III

Asimptomatski blok prvog stupnja

Asimptomatski suprahisni AV blok drugog stupnja tip Mobitz

AV blok za koji se očekuje da će proći

Infranodalne smetnje provođenja

Infranodalne smetnje provođenja čine bifascikularni i trifascikularni blok. Kombinacija bloka desne grane s prednjim ili stražnjim hemiblokom lijeve grane čine bifascikularni blok, a ako postoji dodatna PQ prolongacija onda je to trifascikularni blok. Asimptomatski bolesnici s opisanim kombinacijama imaju mali rizik za razvoj totalnog AV-bloka, ali ako se na elektrofiziološkom ispitivanju ustanovi produžen HQ interval ($>100\text{ms}$) rizik od razvoja AV-bloka raste. (Scheinman et al, 1983)

Bolesnici koji su doživjeli sinkopu, a imaju trifascikularni blok te bez drugih eventualnih uzroka sinkope, kandidati su za trajnu elektrostimulaciju srca. U KBC Sestre milosrdnice u 2013. godini ugradili su 3 elektrostimulatora zbog trifascikularnog bloka.

Preporuke za elektrostimulaciju kod infranodalnih smetnji provođenja (ESC 2007)

I

Izmjenjivanje bloka grane

Elektrofiziološki nalaz produljenog HV intervala >100ms ili elektrostimulacijom induciran infrahisni blok kod simptomatskih bolesnika

Ila

Sinkopa za kojoj se nije dokazalo da je uzrokovana AV blokom a drugi mogući uzroci su isključeni, posebno VT

Slučajan nalaz značajno produljenog HV intervala (>100ms) ili induciranog infrahisnog AV bloka tijekom elektrofiziološkog ispitivanja kod asimptomatskih bolesnika

Neuromuskularne bolesti s bilo kojim fascikularnim blokom

III

Blok grane bez AV bloka ili simptoma

Blok grane ili AV blok prvog stupnja bez simptoma

Hipersenzitivni karotidni sinus

Hipersenzitivni karotidni sinus manifestira se sinkopama nakon stimulacije sinusa karotikusa zbog ekstremnog refleksnog odgovora koji se najčešće sastoji od značajne bradikardije uz asistoliju zbog porasta tonusa parasimpatikusa i vazodepresorne komponente koja se očituje gubitkom vaskularnog tonusa i padom krvnog tlaka zbog smanjene aktivnosti simpatikusa. U procjeni indikacije za elektrostimulaciju, kao i načina elektrostimulacije potrebno je razmotriti važnost svake od ovih dviju komponenata u izazivanju tegoba. Za dijagnozu se rabi masaža sinusa karotikusa na početku unutarnje karotidne arterije ili pri zavšetku zajedničke karotidne arterije u ležećem položaju i u stajanju te masaža nakon primjene atropina kojim se sprječava kardioinhibitorna komponenta. Pozitivan nalaz je asistolija duža od 3 sekunde ili pad krvnog tlaka veći od 50 mmHg. (Puljević, 2003)

U 2013. godini u KBC Sestre Milosrdnice implantirano je 9 elektrostimulatora srca zbog hipersenzitivnog karotidnog sinusa.

Preporuke za elektrostimulaciju kod hipersenzitivnog karotidnog sinusa (ESC 2007)

I

Ponavljajuće sinkope uzrokovane slučajnim pritiskom na karotidni sinus, reproducibilne masažom karotidnog sinusa povezana s asistolijom ventrikula duljom od 3 sekunde, a u odsutnosti lijekova koji inhibiraju sinoatrijski čvor

Ila

Ponavljajuće sinkope, bez anamneze slučajnog pritiska na karotidni sinus, ali reproducibilne masažom karotidnog sinusa uz asistološke pauze dulje od 3 sekunde, a u odsutnosti lijekova koji inhibiraju sinoatrijski čvor

Ilb

Prva sinkopa, sa ili bez anamneze slučajnog pritiska na karotidni sinus, ali je sinkopa ili presinkopa reproducibilna masažom karotidnog sinusa uz asistoličke pauze ventrikula dulje od 3 sekunde a u odsutnosti lijekova koji inhibiraju sinoatrijski čvor

III

Hipersenzitivni karotidni sinus bez simptoma

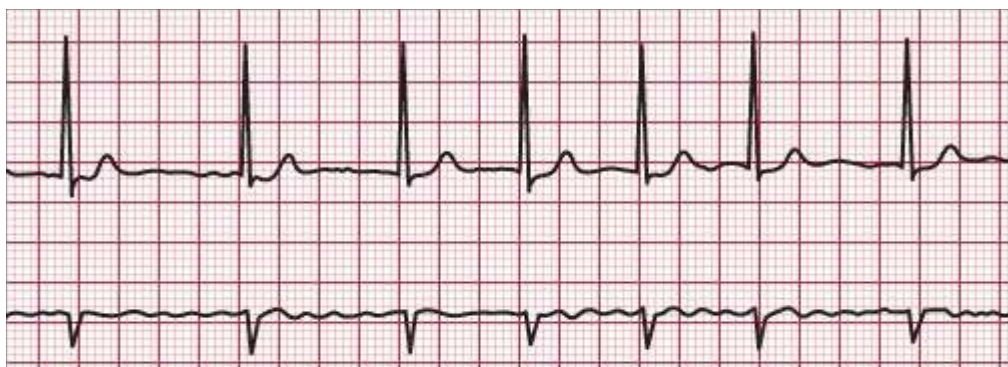
Fibrilacija atrijske

Fibrilacija atrijske je najčešća srčana aritmija karakterizirana gubitkom atrijske kontrakcije i apsolutnom aritmijom ventrikula, obično tahikardnom. Na EKG-u se umjesto P-valova vide nepravilne silne oscilacije. Elektrofiziološki, fibrilacija atrijske je kaotično kruženje višestrukih valića depolarizacije atrijskim miokardom. AV-čvor izložen je vrlo brzu slijedu depolarizacije iz atrijske, ali zbog refrakternosti poput vratara u ventrikule propušta samo neke. Najkraći RR-interval odgovara refrakternom razdoblju AV-čvora. Frekvencija ventrikula ovisi o refrakternosti AV-čvora. Obično je u rasponu od 110-160/min.

Kratkotrajna fibrilacija atrijske (do nekoliko dana), često sa spontanom konverzijom u sinus ritam, naziva se paroksizmalnom. Fibrilacija atrijske duljeg trajanja za čiju je konverziju potrebna terapija naziva se perzistentnom. Ponavljaju li se epizode fibrilacije atrijske, naziva se rekurentnom. Trajna fibrilacija atrijske za koju se više ne očekuje konverzija u sinusni ritam naziva se permanentnom.

Fibrilacija atriya ne mora uvijek uzrokovati tegobe pa se često otkrije slučajno, ali češće je fibrilacija atriya simptomatska i udružena s osjećajem aritmije, omaglicama, slabijem podnošenjem napora, popuštanjem srca, sternokardijom i sinkopom. (Šmalcelj et Buljević, 2008)

Zbog fibrilacije atriya s bradiaritmijom ventrikula u KBC Sestre milosrdnice implantirano je 47 elektrostimulatora srca sa stimulacijom u desnom ventrikulu (jednokomorni elektrostimulator).



Slika 6. Fibrilacija atriya

Posebna stanja

Bolesnik je podvrgnut elektrofiziološkom ispitivanju zbog paroksizama supraventrikulske tahikardije – uskih QRS kompleksa, te je utvrđeno da se radi o undulaciji atriya i bidirekcijskom provođenju kroz kavotrikuspidni istmus. Učinjena je ablacija kavotrikuspidnog istmusa, ali kao komplikacija je tijekom procedure zabilježen AV blok II. stupnja – Mobitz II. Tijekom nekoliko dana nakon procedura nije došlo do oporavka AV provođenja, uz to tijekom testa opterećenja je utvrđena simptomatska kronotropna insuficijencija, i time je postavljena indikacija za implantaciju elektrostimulatora srca.

Pacijentu sa simptomatskim atakama atrijske tahikardije i fibrilacije koji ne reaguju na medikamentoznu terapiju uz brzi odgovor ventrikula postavljena je indikacija za ablaciju AV čvora i ugradnju trajnog elektrostimulatora srca.

Zaključak

Najčešće indikacije za ugradnju trajnog elektrostimulatora srca u KBC Sestre milosrdnice u 2013. godini bili su atrioventrikularni blokovi, slijedila ih je fibrilacija atrija s bradiaritmijom ventrikula, pa bolest sinoatrijskog čvora, sindrom hipersenzitivnog karotidnog sinusa i infranodalne smetnje provođenja. Sveukupno je implantirano 242 elektrostimulatora, od čega je primoimplantacija bilo 147. Generator uređaja zamijenjen je u 58 pacijenata, troje pacijenata dobilo je ugrađeni srčani monitor (engl. *loop recorder*), četvero uređaj za srčanu resinhronizacijsku terapiju (CRT - engl. *Cardiac resynchronization therapy*), a dvanaestero kardioverter defibrilator (ICD – engl. *Implantable cardioverter-defibrillator*)

Zahvale

Velika hvala mojoj mentorici doc. dr. sc. Diani Delić-Brkljačić i specijalizantu dr. Ivanu Zeljkoviću na velikoj pomoći u izradi ovog rada.

Zahvaljujem se mojoj mami i tati koji su me upućivali na pravi put i bez kojih sve ovo ne bi bilo moguće.

Literatura

1. Al-Ahmad A, Ellenbogen KA, Natale A, Wang PJ (2010) Pacemakers and Implantable Cardioverter Defibrillators: An Expert's Manual Cardiotext
2. Auricchio A, Kuck KH, Hatala R, Arribas F (2013) The EHRA White Book European Heart Rhythm Association
3. Bernstein A, Daubert J, Fletcher R i sur. (2002) The revised NASPE/BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate, and multisite pacing. North American Society of Pacing and Electrophysiology/British Pacing and Electrophysiology Group. Pacing Clin Electrophysiol.; 25 (2): 260–4.
4. Brusić S, Vražić H (2014) Aritmologija i elektrostimulacija — pregled stanja u Hrvatskoj Cardiol Croat 9(1-2):3
5. Ellenbogen KA, Wood MA (2004) Cardiac Pacing and ICDs. Blackwell Publishing
6. European Society of Cardiology (ESC); European Heart Rhythm Association (EHRA), Brignole M, Auricchio A, Baron-Esquivias G, et al. (2013) ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the task force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). Eur Heart J.; 34, 2281-2329
7. European Society of Cardiology (ESC); European Heart Rhythm Association (EHRA), Vardas P, Auricchio A, Blanc JJ, et al. (2007) Guidelines for cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the task force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association. Eur Heart J.; 28: 2256-2295.
8. Goldner V, Puljević D, Buljević B (2003) Sadašnje stanje elektrostimulacije srca u Republici Hrvatskoj Liječ Vjesn;125:227–231
9. Gregoratos G (2005) Indications and Recommendations for Pacemaker Therapy Am Fam Physician 71(8) 1563-1570
10. Mallela VS, Ilankumaran V, Srinivasa Rao N (2004) Trends in Cardiac Pacemaker Batteries Indian Pacing Electrophysiol J 4(4): 201-212
11. Puljević D. (2003) Elektrostimulacija srca u svjetlu novih smjernica. Medicus 12(1), 109-120

12. Scheinman MM, Peters RW, Morady F, Sauvé MJ, Malone P, Modin G (1983) Electrophysiologic studies in patients with bundle branch block Pacing Clin Electrophysiol. 6(5):1157-65
13. Shepard R, Ellenbogen KA (2009) Leads and longevity: how long will your pacemaker last? Europace 11, 142–143
14. Šmalcelj A, Buljević B (2008) Poremećaji ritma i provođenja. U: Vrhovac B; Interna medicina. Zagreb; Naklada Ljevak

Izvori slika:

15. http://www.ceufast.com/courses/viewcourse.asp?id=239#Sinus_Arrest_or_Sinus_Pause
16. [http://www.ceufast.com/courses/viewcourse.asp?id=239#Atrial_Ventricular_Blocks_\(AV_Blocks\)](http://www.ceufast.com/courses/viewcourse.asp?id=239#Atrial_Ventricular_Blocks_(AV_Blocks))
17. http://www.ceufast.com/courses/viewcourse.asp?id=239#Atrial_Fibrillation
18. <http://www.ceufast.com/courses/viewcourse.asp?id=239>
19. <http://arrhythmiacenter.idsutcliffe.com/Pt%20Resources%20Tx%20of%20Arrhythmias.htm>

Životopis

Rođena sam 29.8.1989 u Zagrebu. Završila sam opću gimnaziju Srednje škole Ban Josip Jelačić u Zaprešiću i 2008. godine upisala Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Aktivni sam član CroMSIC-a, Studentske udruge za neuroznanost i Bolnice za medvjediće (TBH).